

## Załamanie światła

### Światło na zakręcie

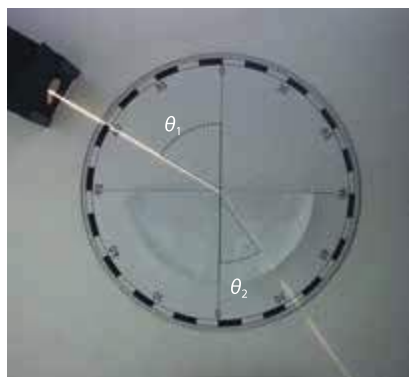
*Prędkość światła* o wartości około 300 000 km/s jest co prawda uniwersalną stałą fizyczną, jednak może zostać osiągnięta tylko w absolutnej próżni. Gdy porusza się przez materię, zwykle ulega spowolnieniu.

Dlaczego? Gdy światło przenika przez ośrodek materialny, fale elektromagnetyczne ( $\downarrow$ ) oddają część swojej energii atomom, pobudzając je do drgania. W związku z tym atomy emitują promieniowanie o tej samej częstotliwości, które nakłada się na pierwotną falę. Wynikające z tego drganie ma co prawda tę samą częstotliwość  $f$ , lecz mniejszą długość fali  $\lambda$ . Prędkość fazowa w ośrodku  $v = f \lambda$  jest zatem mniejsza od pierwotnej prędkości światła. Czynnikiem, o który prędkość światła w ośrodku jest mniejsza niż w próżni, nazywamy *współczynnikiem załamania*  $n$ , który może być różny w zależności od ośrodka.

Dla rozprzestrzeniania się światła obowiązuje *zasada Fermata*: promień świetlny porusza się od punktu

A do punktu B tą drogą, której przebycie zajmuje najmniej czasu. Ponieważ prędkość światła jest zależna od ośrodka, nie zawsze jest to najkrótsza droga w znaczeniu przestrzennym, czyli linia prosta. Przy przejściu z jednego ośrodka do drugiego promienie lekko się odchylają – tym silniej, im bardziej różnią się od siebie współczynniki załamania ośrodków. Kąty  $\theta_1$  oraz  $\theta_2$  między prostą do granicy ośrodków a promieniami światła przyjmują wartości zgodnie z *prawem Snella* (załamania światła):  $n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$ .

Przy przejściu z powietrza (współczynnik załamania  $n \approx 1$ ) do wody ( $n = 1,33$ ) promienie zawsze odchylają się o pewien kąt i dlatego tak trudno jest złapać rybę w rzece gołymi rękami. Ryba nie znajduje się bowiem tam, gdzie dostrzega ją nasze oko, gdyż światło emitowane przez rybę nie trafia do naszego oka po linii prostej.



Prawo Snella głosi, że gdy współczynniki załamania światła w dwóch ośrodkach są odmienne, różne są także kąty załamania promieni światła

Załamanie światła w kropli wody





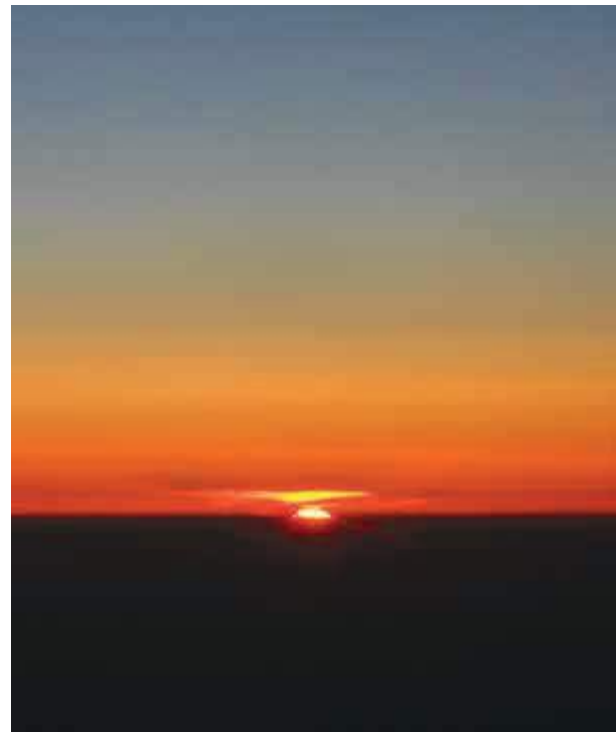
Żółw zielony (*Chelonia mydas*) i jego całkowite wewnętrzne odbicie

Gdy światło dociera z jednego ośrodka na granicę drugiego ośrodka optycznie rzadszego, a więc o mniejszym współczynniku załamania, wówczas – od pewnej wartości kąta – promień nie przechodzi przez ośrodek, zmieniając kierunek, lecz jest odbijany na granicy ośrodków zgodnie z zasadą: kąt padania jest równy kątowi odbicia. Zjawisko to nazywane jest *całkowitym wewnętrznym odbiciem* i znajduje zastosowanie w światłowodach, przez co światło transportowane przez kable pozostaje w przewodach.



Mimo że powietrze ma współczynnik załamania  $n = 1,00029$ , przez co z perspektywy optycznej niemal nie różni się od próżni, wystarcza to, aby promienie światła docierające z kosmosu do atmosfery lekko odchyłały się w kierunku Ziemi. Zjawisko to nazywamy *refrakcją astronomiczną*. Przez to wydaje się nam, że gwiazdy na niebie znajdują się wyżej niż w rzeczywistości. Choć efekt ten zawiera się w granicach od pół do jednego stopnia, ma on na przykład kluczowe znaczenie dla pomiarów astronomicznych, które wymagają wysokiej precyzji.

Zachód Słońca nad Morzem Egejskim, powiększony około dziesięciokrotnie. Bez zjawiska refrakcji astronomicznej Słońce znajdowałoby się niżej o około 120% swojej średnicy



C. Huygens *Abhandlungen über das Licht* Verlag Harri Deutsch, 4. Auflage 2011 (oryginalna praca na temat rozchodzenia się światła z XVII wieku, przetumaczona na jęz. niemiecki)

P. Wagner *Erläuterungen zur Strahlenoptik* <http://www.scandig.info/Strahlenoptik.html>

D. Welz *Simulation der Totalreflexion* <http://www.zum.de/dwu/depotan/apop101.htm>

